المحاضرة 8 من 30

فصل وكشف أيونات الطائفة الأولى: الجانب العملي

Experiment No. 1 · Separation and Analysis of Group I Cations (Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg_2^{2+})

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة يستطيع الطالب أن:

1. ينفّذ خطوات ترسيب أيونات الطائفة الأولى بحامض الهيدروكلوريك المخفف.
2. يفصل كلوريد الرصاص عن كلوريدي الفضة والزئبقوز بالماء الحار، ويعرف سبب ذلك.
3. يُجري الكشف التأكيدي لكل أيون ويربط كل خطوة بالملاحظة المتوقعة.
4. يقرأ مخطط الفصل ويستنتج الأيونات الموجودة في محلول مجهول.

تذكير سريع

تضم الطائفة الأولى ثلاثة أيونات: الفضة Ag^{+} والرصاص Pb^{2+} والزئبقوز Hg_2^{2+}. يجمعها أن كلوريداتها **شحيحة الذوبان** في الماء، بينما كلوريدات بقية الأيونات الموجبة في المنهج ذائبة. لذلك يكفي إضافة أيون الكلوريد على هيئة HCl مخفف (3 M) لترسيب هذه الأيونات الثلاثة وحدها وفصلها عن باقي الطوائف.

الأدوات والكواشف

الأدوات	الكواشف
أنابيب اختبار، حامل أنابيب، قطارة، محرك زجاجي، جهاز طرد مركزي (centrifuge)، حمام مائي (water bath)	HCl 3M · ماء مقطر حار · كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 · محلول الأمونيا NH_4OH · حامض النتريك المخفف HNO_3 · الماء الملكي (aqua regia: HCl + HNO_3) · كلوريد القصديروز $SnCl_2$

خطوات العمل

أولاً: الترسيب العام للطائفة

1. انقل 1 ml من محلول المزيج إلى أنبوبة اختبار، وأضف **3 قطرات** من HCl 3M.
2. حرّك المزيج بالمحرك الزجاجي، ثم ضعه في جهاز الطرد المركزي لمدة دقيقتين، وافصل الراشح عن الراسب.
3. أضف إلى الراشح قطرة واحدة من HCl؛ إذا تكوّن راسب جديد فالترسيب لم يكتمل، فأعد الخطوتين السابقتين. الراشح النهائي يحتوي أيونات الطوائف **2 إلى 5** ويُحفظ لتحليلها.
4. الراسب **أبيض**، ويتكون من AgCl و$PbCl_2$ وHg_2Cl_2.

ثانياً: فصل الرصاص وكشفه

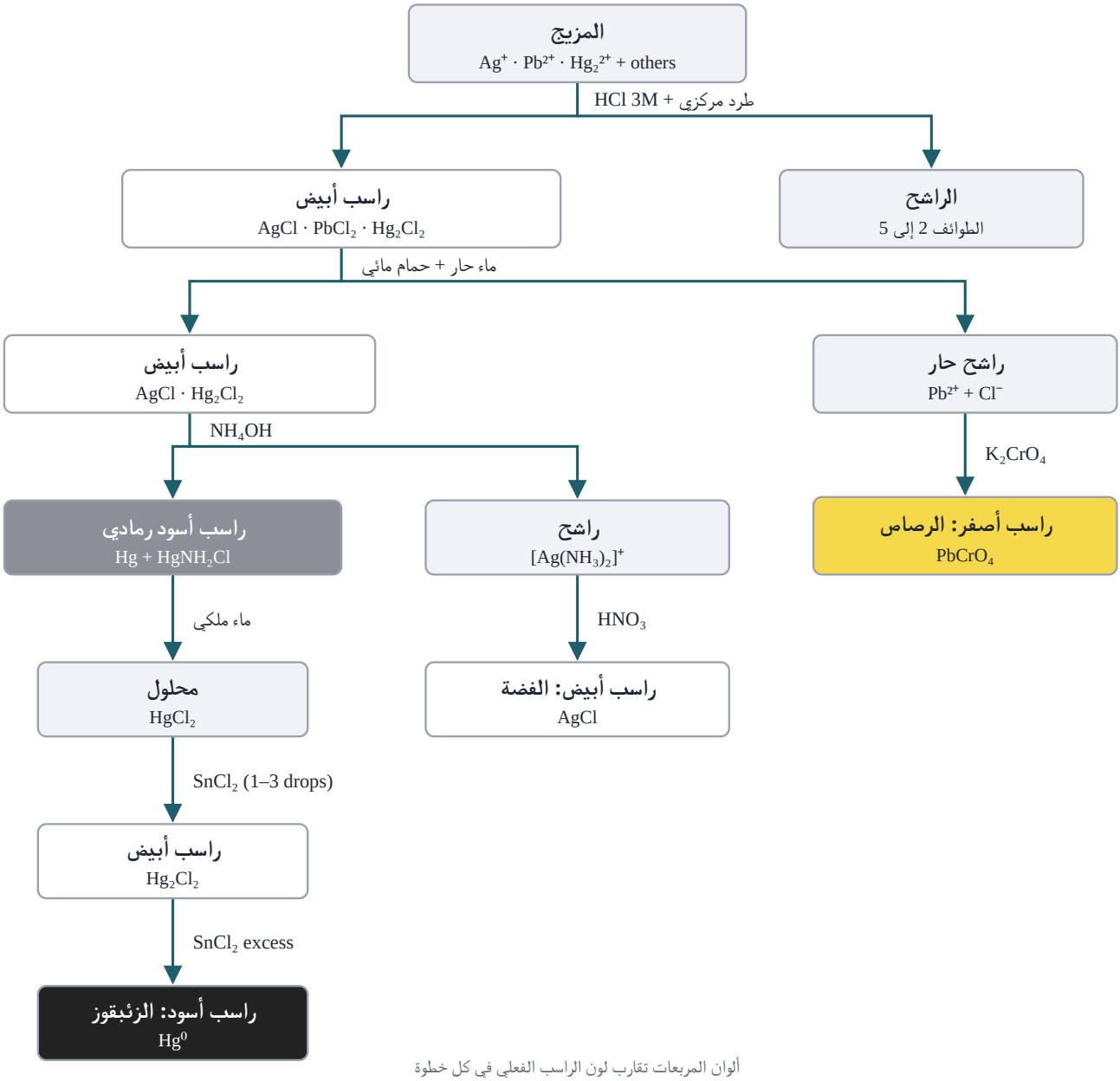
5. أضف إلى الراسب 1 ml من الماء المقطر الحار، وضع الأنبوبة في الحمام المائي لمدة دقيقة إلى دقيقتين.
6. انقل الأنبوبة إلى جهاز الطرد المركزي **وهي ما تزال حارة**، وافصل الراشح عن الراسب بسرعة.
7. أضف إلى الراشح الحار قطرات من K_2CrO_4: تكوُّن **راسب أصفر** من $PbCrO_4$ يؤكد وجود الرصاص.

ثالثاً: فصل الفضة والزئبقوز وكشفهما

8. أضف إلى الراسب المتبقي ($AgCl + Hg_2Cl_2$) من 1 إلى 3 قطرات من NH_4OH وافصل:
   - كلوريد الفضة يذوب ويتحول إلى المعقد الذائب $[Ag(NH_3)_2]^+$ في الراشح.
   - كلوريد الزئبقوز يتحول إلى راسب **أسود رمادي** من $Hg + HgNH_2Cl$. اسوداد الراسب هنا دليل أولي على وجود الزئبقوز.
9. **كشف الفضة:** أضف إلى الراشح قطرات من HNO_3 المخفف حتى يصبح الوسط حامضياً، فيعود **الراسب الأبيض** $AgCl$ للظهور.
10. **كشف الزئبقوز:** أذب الراسب الأسود في قطرات من الماء الملكي فيتكون $HgCl_2$، ثم أضف 1 إلى 3 قطرات من $SnCl_2$ وانتظر دقيقة إلى دقيقتين فيظهر **راسب أبيض** من Hg_2Cl_2. أضف 5 إلى 10 قطرات أخرى من $SnCl_2$ فيتحول الراسب إلى **الرمادي ثم الأسود** بسبب تكوّن الزئبق الحر Hg^0.

> **لماذا الماء الحار؟**
>
> ذوبانية $PbCl_2$ في الماء الحار أعلى بكثير منها في الماء البارد، في حين يبقى $AgCl$ وHg_2Cl_2 غير ذائبين تقريباً حتى في الماء الحار. لذلك يذوب كلوريد الرصاص وحده عند التسخين، ويجب الفصل والمحلول حار، لأن $PbCl_2$ يعود فيترسب إذا برد المحلول.

مخطط الفصل



ألوان المربعات تقارب لون الراسب الفعلي في كل خطوة

شكل 1: مخطط فصل وكشف أيونات الطائفة الأولى

المعادلات الكيميائية

الترسيب العام للطائفة

$$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow \text{ (white)}$$

$$Pb^{2+} + 2Cl^- \rightarrow PbCl_2\downarrow \text{ (white)}$$

$$Hg_2^{2+} + 2Cl^- \rightarrow Hg_2Cl_2\downarrow \text{ (white)}$$

الكشف التأكيدي للرصاص

$$Pb^{2+} + K_2CrO_4 \rightarrow PbCrO_4\downarrow \text{ (yellow)} + 2K^+$$

الكشف التأكيدي للفضة

$AgCl + 2NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^-$

$[Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^- + 2HNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow \text{ (white)} + 2NH_4NO_3$

الكشف التأكيدي للزئبقوز

$Hg_2Cl_2 + 2NH_3 \rightarrow Hg\downarrow \text{ (black)} + HgNH_2Cl\downarrow \text{ (white)} + NH_4Cl$

$Hg^0 + 3HCl + HNO_3 \rightarrow HgCl_2 + NO + H_2O \text{ (simplified)}$

$2HgCl_2 + SnCl_2 \rightarrow Hg_2Cl_2\downarrow \text{ (white)} + SnCl_4$

$Hg_2Cl_2 + SnCl_2 \text{ (excess)} \rightarrow 2Hg\downarrow \text{ (black)} + SnCl_4$

جدول الملاحظات

الأيون	الكاشف التأكيدي	الملاحظة	الناتج
Pb^{2+}	K_2CrO_4 على الراشح الحار	راسب أصفر	$PbCrO_4$
Ag^+	NH_4OH ثم HNO_3	يذوب الراسب ثم يعود أبيض	$AgCl$
Hg_2^{2+}	NH_4OH، ثم ماء ملكي و$SnCl_2$	اسوداد مع الأمونيا، ثم أبيض فأسود مع $SnCl_2$	Hg^0

أخطاء شائعة في المختبر

- **إضافة زيادة كبيرة من HCl:** التركيز العالي لأيون الكلوريد يكوّن معقدات ذائبة مثل $[AgCl_2]^-$ و$[PbCl_4]^{2-}$، فيذوب جزء من الراسب ويضيع.
- **ترك الأنبوبة تبرد قبل فصل الرصاص:** يعود $PbCl_2$ للترسب مع الراسب، فلا يظهر اللون الأصفر بوضوح في الراشح.
- **عدم تحميض راشح الفضة بشكل كافٍ:** يبقى المعقد الأموني ذائباً ولا يظهر الراسب الأبيض. اختبر الوسط بورقة عباد الشمس.
- **استخدام القطارة نفسها لأكثر من كاشف:** يسبب تلوث الكواشف ونتائج كاذبة.

أسئلة تطبيقية مع الإجابة

س1: لماذا يُضاف قطرة من HCl إلى الراشح بعد الفصل الأول؟

للتأكد من اكتمال ترسيب أيونات الطائفة الأولى. ظهور راسب جديد يعني بقاء جزء منها في المحلول، وهذا يلوّث تحليل الطوائف اللاحقة.

س2: أعطى محلول مجهول راسباً أبيض مع HCl. لم يظهر لون أصفر عند إضافة K_2CrO_4 إلى الراشح الحار، وذاب الراسب المتبقي بالكامل في NH_4OH دون أن يسودّ. ما الأيونات الموجودة؟

الفضة Ag^+ فقط. غياب اللون الأصفر ينفي الرصاص، وعدم الاسوداد مع الأمونيا ينفي الزئبقوز، والذوبان الكامل في الأمونيا يتفق مع $AgCl$.

س3: اسودّ الراسب عند إضافة NH_4OH. ما الذي تستنتجه، ولماذا نكمل بالماء الملكي و$SnCl_2$؟

الاسوداد دليل أولي على الزئبقوز، لأن Hg_2Cl_2 يتحول إلى $Hg + HgNH_2Cl$. نكمل بالماء الملكي و$SnCl_2$ لتأكيد النتيجة بكشف ثانٍ مستقل.

س4: اكتب المعادلة الموزونة لكشف الرصاص بكرومات البوتاسيوم، واذكر لون الراسب.

$Pb^{2+} + K_2CrO_4 \rightarrow PbCrO_4\downarrow + 2K^+$، والراسب أصفر.

مصدر المحتوى: ملزمة Practice Qualitative Chemical Analysis، المرحلة الأولى، الفصل الأول، التجربة رقم 1، قسم الكيمياء، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية. أُضيف الشرح والأسئلة والملاحظات توسعةً للمادة.